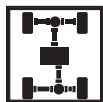




**Automobil
od A do Z**



Servis



Podvozek



**Organizace
práce**



Motor



**Systémy
a příslušenství**



**Bezpečnost
a hygiena práce**



Geometrie



**Nářadí
a vybavení dílen**



**Paliva
a maziva**



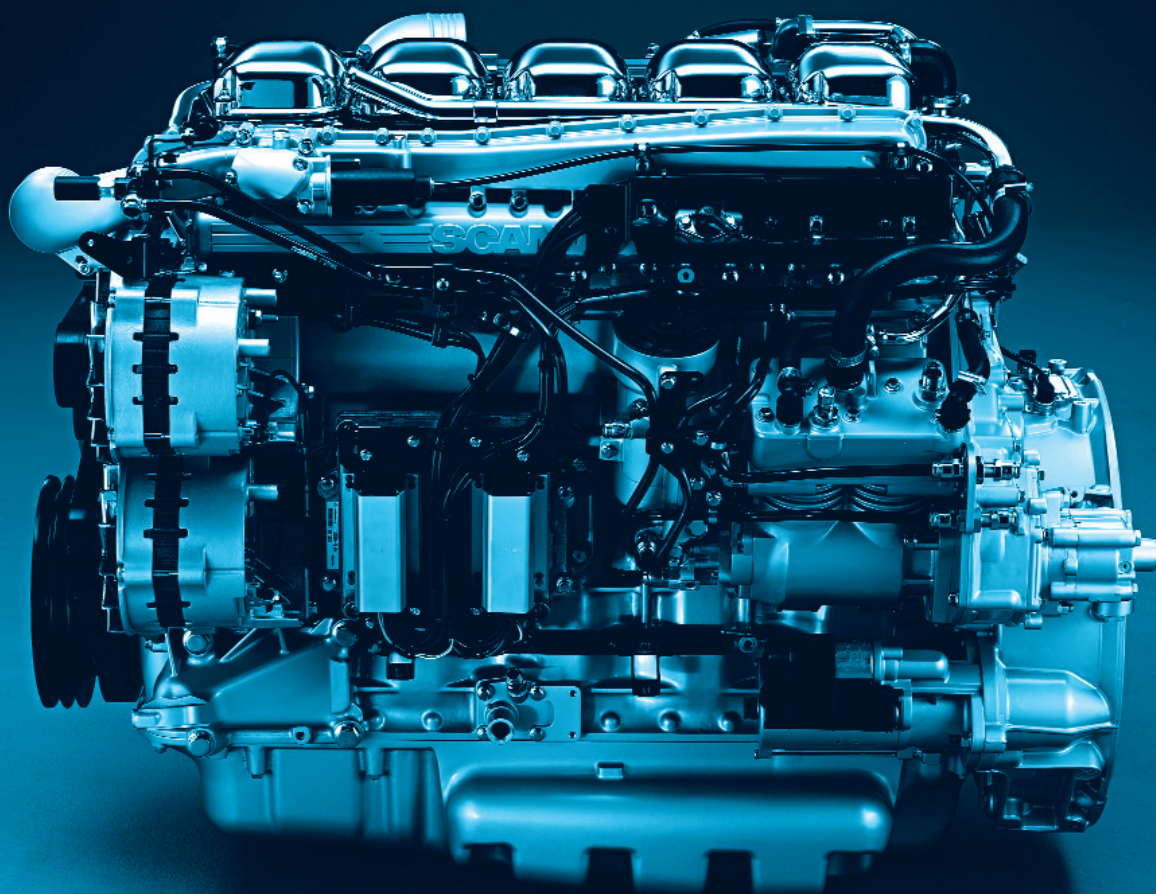
**Diagnostika
a měření**



**Elektr. zařízení,
elektronika**

Praktická dílna

Spalovací motory IX.



Spalovací motory IX.

V posledních desetiletích se největší tlak vytvářel na oblast výkonnosti, účinnosti a co největší míry ekologičnosti spalovacích motorů. Od základních systémů vstřikování, kterým jsme se věnovali v předminulých dílech a které tyto požadavky ze začátku splňovaly, se tedy dnes v této oblasti dostáváme ke speciálním a nejnovějším systémům, jež tyto požadavky mají splňovat i do budoucna. Moderní systémy vstřikování mají s těmi staršími mnohé díly společné, proto se při popisu určitých dílů budeme odvolávat na některé z minulých vydání Praktické dílny.

Hybridní vstřikovací systémy a přímé vstřikování benzínu

Hybridní vstřikovací systémy (benzín/zemní plyn, stlačený zemní plyn)

Kvůli dodržení stále se zpřísňujících emisních hodnot výfukových plynů a snižování emisí CO_2 a kvůli šetření zásob ropy nabývá alternativa zemního plynu stále více na významu. Na rozdíl od benzínu a nafty, které se s velkou spotřebou energie získávají z ropy, nachází se zemní plyn v přírodě – v závislosti na ložisku – ve více či méně čisté formě a může se na palivo přeměnit s nepatrnými náklady (bez procesu rafinace a přidávání aditiv). Zásoby zemního plynu postačují – podle odhadů a na základě aktuální spotřeby – na minimálně 180 až 190 let.

Jako nevýhoda zemního plynu se ukazuje v porovnání s kapalnými palivy – benzinem a naftou – jeho nízký energetický potenciál. Proto musí být objem jeho zásobníku tři- až čtyřikrát větší.

Vlastnosti zemního plynu

Zemní plyn se skládá hlavně z metanu (CH_4), jehož podíl činí 80 až 90 %. Zbytek tvoří neutrální (inertní) plyny, jako oxid uhličitý, dusík a další uhlovodíky nižších řádů. Zemní plyn je lehčí než vzduch a – na rozdíl od tzv. plynů pro pohon automobilů (propan-butan) – ne-

vytváří v přizemních vrstvách žádnou výbušnou směs. V porovnání s benzinem má zemní plyn výhody i nevýhody.

Výhody:

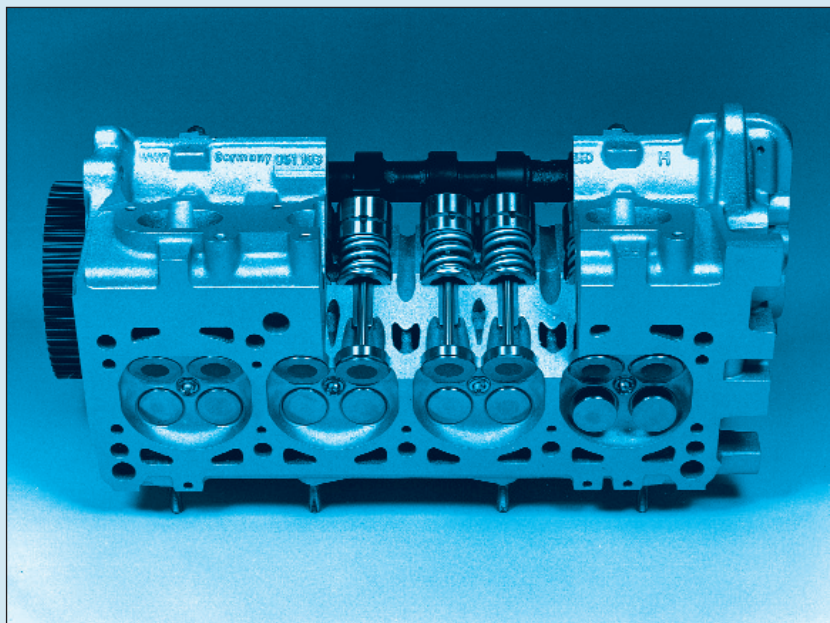
- vyšší odolnost proti klepání s OČ 120 (u benzínu je tato hodnota 91 až 98),
- umožňuje vyšší kompresní poměr až $\epsilon = 13 : 1$,
- bezpečnější zapalování směsi i při hodnotě $\lambda = 2,0$ (možnost pohonu s chudší směsí).

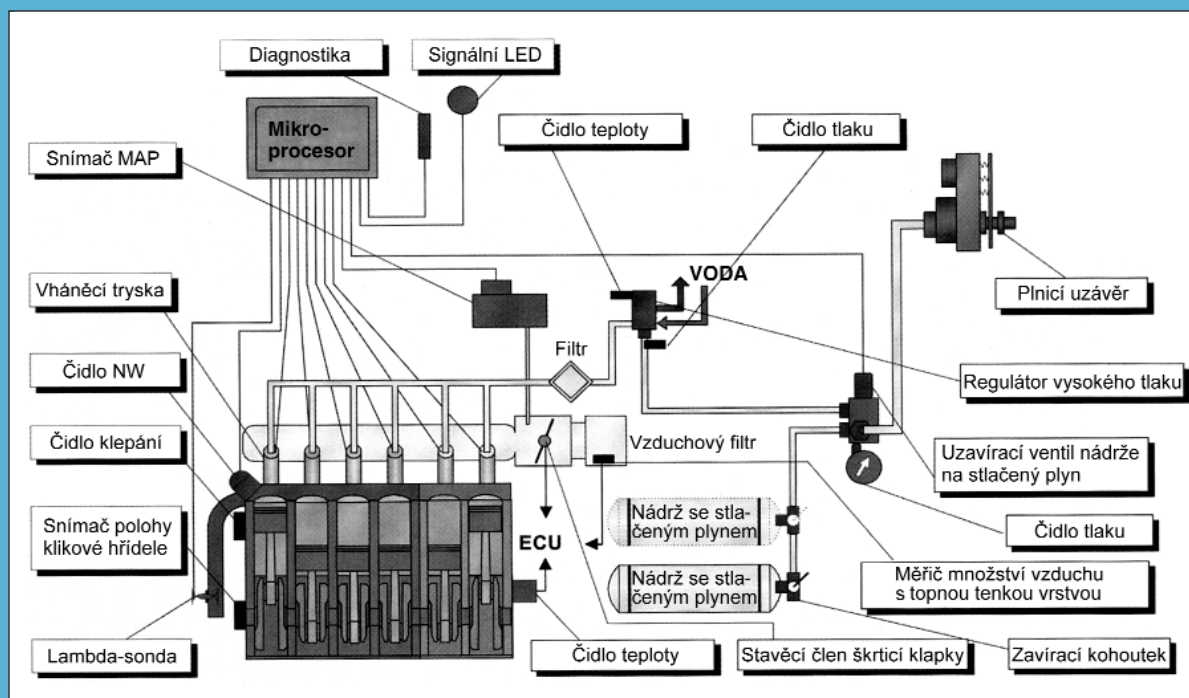
Nevýhody:

- asi o 10 až 15 % menší výkon v důsledku nižšího obsahu energie a nižší účinnosti plnění válců způsobované větším objemem, který vhněný zemní plyn zabírá,
- kratší dosažitelná vzdálenost (tlakový zásobník s objemem 80 l a plnicím tlakem 200 bar/20 MPa odpovídá svým objemem asi 25 l benzínu a dosažitelné vzdálenosti asi 200 až 250 km).

Ukládání a tankování zemního plynu

Zemní plyn se ukládá do nádrží na stlačený plyn (nádrže CNG – Compressed Natural Gas), obr. 1, z vysoce legované oceli při tlaku 200 bar. Tento tlak 200 bar se musí snížit na tzv. pracovní tlak. Pevnost nádrže v průtlaku činí 450 bar. Pomocí manuálně ovládaného uzavíracího





Obr. 1 Přehled systému se sekvenčním vícebodovým (Multi-Point) zařízením pohonu na zemní plyn (IAV GmbH Berlin)

ventilu a elektromagnetického ventilu (blokovácí ventil nádrže se stlačeným plynem) se nádrže se stlačeným plynem mohou oddělit od zbývajících částí zařízení pro pohon zemním plynem. U takového systému jsou k dispozici tyto ochranné funkce:

- Průtok plynu se uvolní teprve po otevření elektromagnetického ventilu blokovacího nádrže se stlačeným plynem řídicí jednotkou zařízení pro pohon plynem (na obr. 1 označené jako mikroprocesor), resp. když je motor v provozu. V případě nehody nebo při zastavení motoru se přeruší napájení ventilu, a ten se zavře.
- V případě požáru vozidla, vyvolaném např. palivem vytékajícím z automobilu druhého účastníka nehody, se při teplotě nad 100 °C přepálí tavná pojistka umístěná v nádrži na stlačený plyn a spustí záměrné odpouštění stlačeného plynu, čímž se zabrání nebezpečí zvýšení tlaku (výbuchu).
- Každá nádrž na stlačený plyn je vybavena i manuálně ovládaným ventilem, který je možné zavřít rukou.

Celý systém vedení plynu je sestaven z trubek z nerezové oceli se speciálním typem šroubení. Je konstruován tak, aby

byl odolný proti všem poměrům tlaku a jakéhokoliv mechanického namáhání, k nimž by mohlo dojít např. v případě nehody.

Tankování vozidla může probíhat různými způsoby:

- a) na veřejných tankovacích stanicích s vysokým tlakem 250 bar během asi 5 minut;
- b) ve vlastní tankovací stanici. Protože tlak ve vedení domácí přípojky je jen 20 mbar (0,02 bar), musí se tlak pomocí malého kompresoru zvýšit na plnicí tlak. Doba plnění se tak prodlouží zhruba na 6 až 8 hodin.

Využití pohonu na zemní plyn

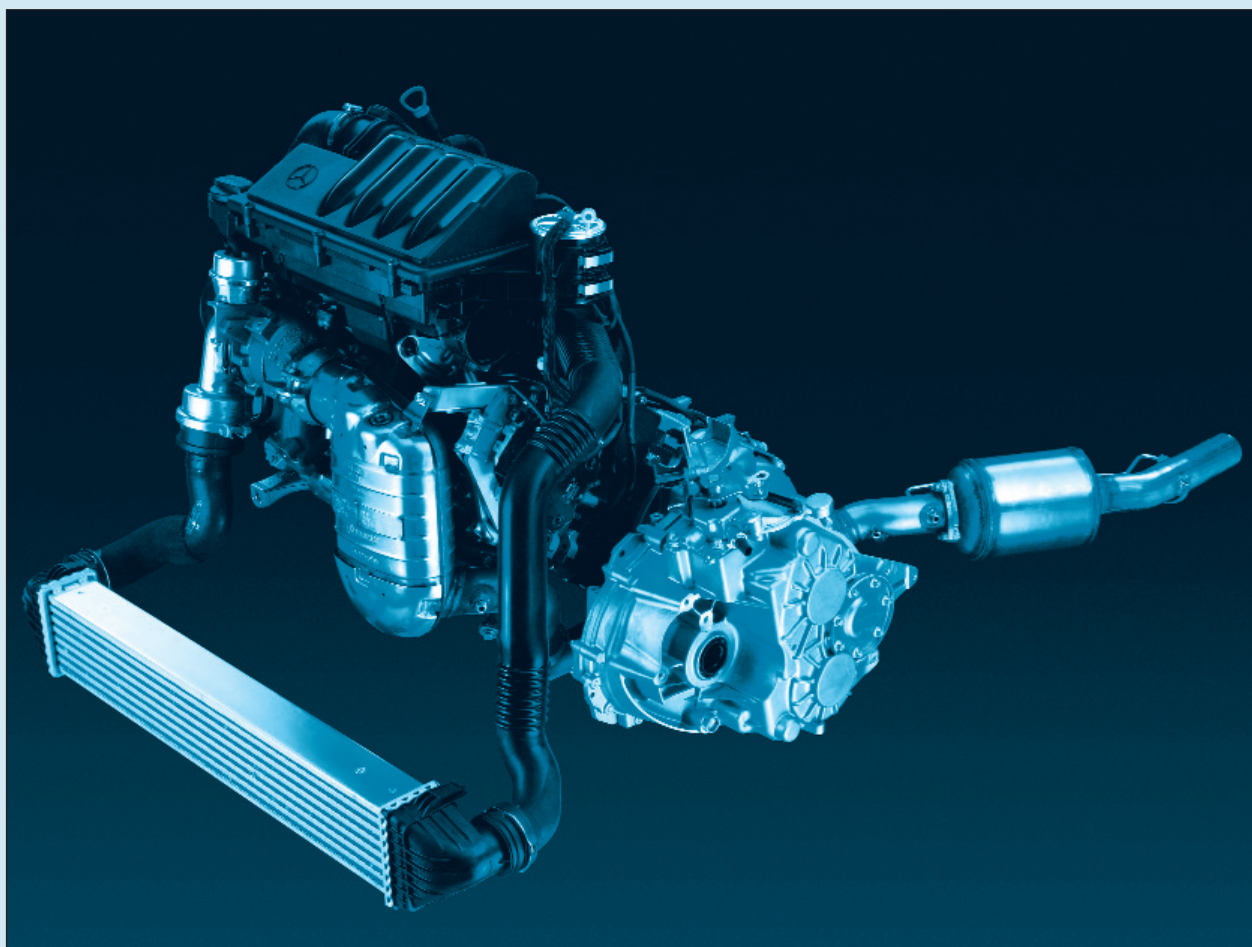
Zpravidla se na pohon zemním plynem upravují sériová vozidla dodatečně. Tuto přestavbu provádí kromě jiných např. IAV GmbH (Ingenieurs-Gesellschaft für Auto und Verkehr – Inženýrská společnost pro automobily a dopravu) v Berlíně. Na pohon zemním plynem se přestavují většinou automobily s benzinovými motory a řízením Motronic, takže takový automobil pak může jezdit jak na zemní plyn, tak i na benzin (hybridní pohon). Auto-

mobily s benzinovými motory dostávají přednost, protože na rozdíl od motorů naftových jsou již vybaveny externím zapalováním, které je pro pohon zemním plynem nutné. Pro přestavbu sériových automobilů na pohon zemním plynem jsou potřeba následující součásti:

- zásobník na stlačený plyn pro uložení zemního plynu,
- uzávěr pro tankování a plnění zemního plynu,
- regulátor tlaku,
- plynové rozdělovací potrubí (podobné systému Common Rail)
- elektronická řídicí jednotka přívodu plynu (mikroprocesor),
- plynové vstříkovací ventily (u sekvenčních systémů jeden ventil pro každý válec),
- několik čidel, které jsou zapotřebí jako doplněk Motronicu,
- balíček pro zajištění bezpečnosti (uzavírací ventily, omezovač průtoku, tavné pojistky).

Systémy tvoření směsi u motorů na zemní plyn

U dnešních moderních benzinových motorů se základním systémem Motronic



(viz předcházející Praktické dílny) se souběžně k němu montuje sekvenční systém vhánění plynu (viz obr. 1). Řízení motoru při jízdě na benzin provádí řídicí jednotka Motronicu (na obr. 1 označená jako ECU – Electronic Control Unit) a při jízdě na zemní plyn ho přebírá řídicí jednotka pohonu plynem (na obr. 1 označená jako mikroprocesor). Řídicí jednotka plynového pohonu je konvenčně, tzn. pomocí vedení (nikoli systémem sběrnic – Bus), propojena s konektorem kabelového svazku řídicí jednotky Motronicu a využívá všech signálů (informací) dodávaných snímači Motronicu v benzinovém zařízení.

Zařízení pro pohon zemním plynem

Plyn, který je pod vysokým tlakem (200 bar), proudí z nádrže se stlačeným plynem otevřeným elektromagnetickým uzavíracím ventilem nádrže k regulátoru vysokého tlaku ohřívanému chladicí kapalinou. Ten snižuje tlak z 200 na 9 bar a propouští plyn přes filtr a rozdělovací potrubí (podobné systému Common

Rail) k elektromagnetickým vstřikovacím ventilům (podobným benzinovým vstřikovacím ventilům). Tyto plynové vstřikovací ventily se montují do sacího systému motoru v blízkosti benzinových vstřikovacích ventilů.

Tvoření směsi

Elektromagnetické plynové vstřikovací ventily, které jsou sekvenčně aktivovány řídicí jednotkou plynového pohonu, vhánějí zemní plyn v přesně vyměřené dávce a krátce před bodem zapálení příslušného válce do sacího kanálu (předběžná příprava směsi). Každý válec má svůj plynový vstřikovací ventil. Z tohoto důvodu je tento systém označován také jako vícebodové (Multi-Point) vstřikování. Vstřikovací plynové ventily se ovládají elektromagneticky a v otevřeném stavu se udržují různě dlouhou dobou napájení proudem z řídicí jednotky plynového pohonu (mikroprocesoru). Napájení proudem se stejně jako v případě Motronicu u benzinového pohonu provádí pomocí hlavního relé. Magne-

tické cívky plynových vstřikovacích ventilů jsou přitom svým plusovým pólem připojeny k palubní síti a záporným k řídicí jednotce. To znamená, že jejich aktivace se provádí od záporného pólu prostřednictvím koncových (výkonných) stupňů řídicí jednotky plynového pohonu.

Přizpůsobování při různých pracovních režimech, které je nutné při provozu na benzin, zde není zapotřebí. V důsledku přivádění paliva v naprosto plynném stavu je tvoření směsi jednodušší, protože zemní plyn na rozdíl od benzínu nemusí kondenzovat na stěnách sacího potrubí a vytvářet na nich tenkou vrstvu. To má příznivý vliv na tvorbu emisí, obzvláště ve fázi chodu v zahřátém stavu.

Hybridní motory s benzinovým pohonem a pohonem na zemní plyn pracují v nezahřátém i zahřátém stavu stejně jako ve všech oblastech zatížení se stechiometrickým poměrem množství plynu a vzduchu 1 : 17,2 (odpovídá $\lambda = 1$). Směšovací poměr 1 : 17,2 se udržuje pomocí lambda regulátoru řídicí jednotky plynového



vého pohonu (mikroprocesoru) na základě signálu z lambda-sondy benzinového vstřikovacího zařízení.

Spouštění

Spouštění a spouštění v zahřátém stavu se děje při provozu na benzin (viz jedna z předchozích Praktických dílen).

Důvod: Při použití benzínu motor lépe naskočí a benzinové vstřikovací zařízení zůstává vždy funkční. Benzinový pohon zůstává v činnosti až do dosažení otáček při chodu naprázdno. Potom ho řídící jednotka plynového pohonu na základě informace o počtu otáček a příslušného programu řídící jednotky Motronicu (ECU) vypne, tzn. pomocí obvodu relé se vypne vstřikování benzínu a zapne vstřikování plynu. Toto přepnutí proběhne s téměř nepostřehnutelným přerušením provozu motoru. Při zastavení motoru se automaticky znovu přepne na benzinový pohon. Řídící jednotka plynového pohonu (mikroprocesor) dostává a zpracovává všechny informace snímačů benzinového vstřikovacího systému Motronic a přebírá také všechny úlohy řídící jednotky Motronicu.

Výfukové plyny

Vozidla s pohonem na zemní plyn vykazují v porovnání s automobily s benzinovými a naftovými motory obzvláště nízké hodnoty znečišťujících emisí ve výfukových plynech. Vzniká v nich:

- až o 80 % méně CO_2 v důsledku příznivějšího poměru uhlík-vodík (metan CH_4), což představuje zmenšení skleníkového efektu;
- až o 40 % méně oxidu uhelnatého (CO) v důsledku příznivějšího poměru uhlík-vodík a obzvláště kvalitní (homogenní) tvorby směsi;
- asi o 95 % méně oxidů dusíku (NO_x), protože v důsledku pomalejšího spalování nedochází k tak vysokým špičkovým teplotám spalování a zmenšuje se tak vytváření ozonu (letní smog);
- asi o 90 % méně cyklických aromatických uhlovodíků, které mohou mít rakovinotvorné účinky.

Na základě takto nízkých znečišťujících emisí může hybridní benzinový motor s pohonem na zemní plyn s lambda regulací a trojcestným katalyzátorem vy-

hovovat i nejpřísnějším předpisům pro složení výfukových plynů (např. ULEV – Ultra Low Emission Vehicle – vozidla s velmi nízkými emisemi, mezní hodnoty v USA).

Diagnostika

Systém pohonu na zemní plyn má svou vlastní diagnostiku. Paměť závad je možné pomocí separátní diagnostické přípojky spojit s laptopem a přečíst pomocí speciálního programu. On-Board diagnostika (nebo E-OBD) s příslušnou diagnostickou přípojkou CARB je u těchto systémů zákonem předepsána už od roku 2004.

Přímé vstřikování benzínu

U běžných benzinových motorů se až do dnešní doby zachovávalo řízení zatížení pomocí škrticí klapky (regulace množství). Z toho vyplývaly v důsledku ztrát při škrcení i příslušné ztráty účinnosti, zejména při nízkém a středním neúplném zatížení, a tím i zvýšení spotřeby paliva. To se dnes stává obzvláště citelným, protože v důsledku současných poměrů v dopravě pracují motory především v oblasti

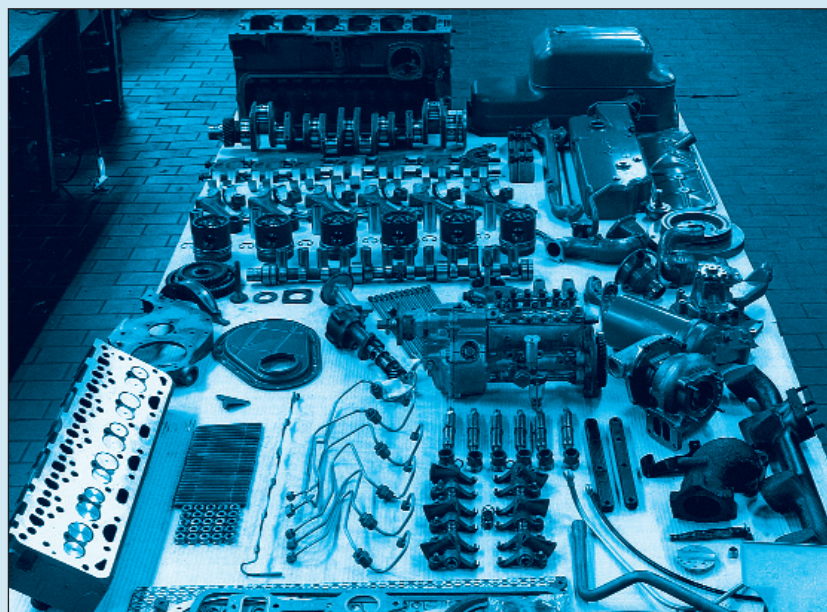
dobně jako naftový. Zatížení se přitom nereguluje – jako u běžných benzinových motorů – množstvím nasávané směsi, nýbrž při otevření škrticí klapce pouze množstvím vstřikovaného paliva (regulace jakosti). To se projevuje zejména v oblasti neúplného zatížení a v oblastech blízkých chodu naprázdno (při chodu naprázdno se směs dává homogenně s $\lambda = 1$) k pracovnímu režimu s vysokým přebytkem vzduchu (až $\lambda = 3$). Z tohoto důvodu musí docházet k výraznému vrstvení směsi od směsi schopné zapálení v blízkosti zapalovací svíčky a příslušně ochuzené směsi v blízkosti stěn válce.

Výhody a nevýhody přímého vstřikování benzínu

Použití současných systémů přímého vstřikování benzínu má proti vstřikování do sacího potrubí jisté výhody i nevýhody, které jsou uvedeny dále.

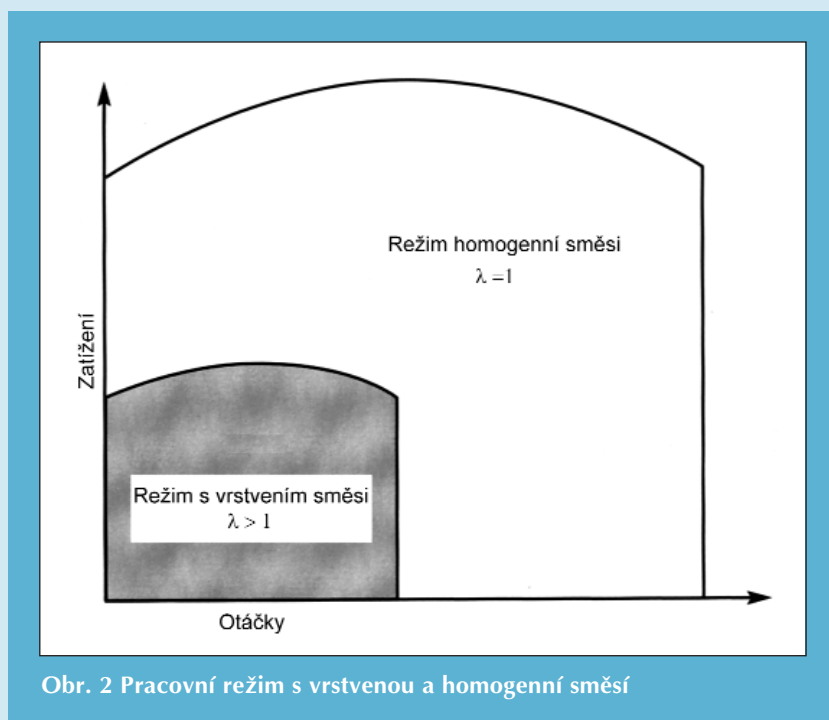
Výhody:

- vyšší účinnost v důsledku většího vnitřního ochlazování a vyššího kompresního poměru bez vyvolání nebezpečí klepání,
- nižší spotřeba paliva v důsledku možnosti provozu s ochuzenou směsí v oblasti neúplného zatížení s vysokým



neúplného zatížení. Aby se spotřeba paliva v této oblasti (zatížení při jízdě) snížila, musí benzinový motor pracovat bez škrcení, s přímým vstřikováním, po-

kompresním poměrem, menšího škrcení v sacím systému a menšího množství nutného pro obohacení směsi při akceleraci a při spouštění v nezahřátém



Obr. 2 Pracovní režim s vrstvenou a homogenní směsí

stavu (odpadnutí nutnosti vytváření tenkého filmu na stěnách sacího potrubí),

- volná volba okamžiku vstřiku, který se může měnit kvůli dosahování nejprůzračnější teploty výfukových plynů pro systémy katalyzátorů a využívat i pro vícenásobné vstřikování.

Nevýhody:

- vyšší emise oxidů dusíku před katalyzátorem v důsledku pomalejšího spalování při provozu s ochuzenou směsí s nejvyššími teplotami spalování. Hodnoty emisí podle Euro 4 mohou být dodrženy pouze s nákladným následným ošetřením výfukových plynů s trojcestným katalyzátorem, větším množstvím zpětně přiváděných výfukových plynů (až 40 % plnění válce) a dodatečným adsorpčním katalyzátorem pro oxidy dusíku (adsorbér NO_x). Ten pro svou regeneraci vyžaduje palivo bez síry nebo v případě paliva se sírou dočasně zvýšenou teplotu ($> 650^\circ\text{C}$).

Druhy provozu benzinových motorů s přímým vstřikováním

U motorů s přímým vstřikováním benzinu, které jsou dnes na trhu, se rozlišuje me-

zi homogenní tvorbou směsi, tvorbou vrstvené směsi a koncepcí ochuzené směsi.

Homogenní tvorba směsi

Benzinové motory s přímým vstřikováním a pouze homogenní tvorbou směsi (rovnoměrné rozdělení paliva ve spalovacím prostoru) pracují při chodu naprázdno, v celém rozsahu neúplného zatížení i při plném zatížení se stechiometrickým poměrem paliva a vzduchu $1 : 14,7$ ($\lambda = 1$), stejně jako běžné benzinové motory se vstřikováním do sacího potrubí. Jenom v některých případech se při plném zatížení dávkuje směs v poměru $1 : 13$ ($\lambda = 0,9$). Tyto motory s přímým vstřikováním spalují s velice nízkou úrovní škodlivin, dosahují však jen mezních hodnot výfukových plynů podle Euro 3. Výhody snížené spotřeby paliva, které se získávají pomocí koncepce ochuzené směsi (vrstvené plnění), zůstávají při homogenní tvorbě směsi zdaleka nevyužity, v porovnání se vstřikováním do sacího potrubí však mohou dosahovat až 5 %.

Vrstvené plnění

Vrstvené plnění (obr. 2) se volí pro snížení spotřeby paliva a tím i emisí oxidu uhličitého při neúplném zatížení až do středních otáček, tzn. při nejčastějším pracovním režimu. Aby se toho dosáhlo,

musí motor pracovat při neúplném zatížení v extrémně ochuzené oblasti $\lambda > 2,0$, což odpovídá poměru paliva a vzduchu $> 1 : 30$. Aby se zaručila zápalnost směsi, je nutné příslušně tvarovat, resp. navzájem sladit tvary sacích kanálů, dna pístů, vstřikovacích a zapalovacích systémů. Všechna tato opatření vedou k cílenému řízení a zviřování nasávaného vzduchu, proudícího do válce. Pomocí příslušně vyladěného okamžiku vstřiku, např. na konci taktu komprese, se u zapalovací svíčky vytváří bohatší a u stěn válce příslušně ochuzená směs (vrstvené plnění). Pomocí takového vrstvení směsi (odstupňování poměru palivo/vzduch) se zajišťuje zápalnost směsi i v extrémně ochuzené oblasti. Od středního rozsahu oblasti neúplného zatížení s přechodem k plnému zatížení, kdy se dosahuje vyššího výkonu, probíhá při homogenní tvorbě směsi v závislosti na poměru zatížení k počtu otáček přechod od mírně ochuzeného ($\lambda > 1$) ke stechiometrickému ($1 : 14,7$; $\lambda = 1$) nebo někdy bohatšímu směšovacímu poměru ($1 : 13$; $\lambda = 0,9$).

Koncepce ochuzené směsi

U motorů s přímým vstřikováním benzinu, které pracují podle koncepce ochuzené směsi (obr. 3), se mohou nastavit čtyři různé pracovní režimy s různými poměry směšování. Tyto oblasti s různým pracovním režimem jsou: dolní oblast neúplného zatížení, střední oblast neúplného zatížení, horní oblast neúplného zatížení s přechodem na plné zatížení.

Dolní oblast neúplného zatížení

Protože se při poličnické dopravě využívá tohoto pracovního režimu nejčastěji, musí se pro dosažení úspory paliva volit režim ochuzení s poměrem paliva a vzduchu od $1 : 30$ do $1 : 40$ ($\lambda = 2,0$ až $2,7$). Tvorba směsi se provádí tzv. vrstveným plněním, čímž je možné snížit spotřebu paliva až o 15 až 20 %. Vstřikování paliva se provádí na konci taktu komprese. Vrstvenému plnění se přitom napomáhá speciálním tvarem dna pístu (např. jeho prohloubení). Nevýhodný je v této dolní oblasti neúplného zatížení obsah oxidů dusíku ve výfukových plynech, který se nastaví i přes vysoký podíl zpětně-



ho přivádění vzduchu (až 35 % plnění válce) a znovu snížit se může jen pomocí zásobníkového katalyzátoru pro NO_x .

Střední oblast neúplného zatížení

Ve střední oblasti neúplného zatížení se při homogenní tvorbě směsi posunuje směšovací poměr ve směru $\lambda > 1$, resp. $\lambda = 1$. To znamená, že může existovat režim jak s lehce ochuzenou, tak i se stechiometrickou směsí. Vstřikování přitom probíhá v taktu sání.

Horní oblast neúplného zatížení s přechodem na plné zatížení

Dosahuje se vysokého výkonu, s homogenní tvorbou směsi v závislosti na poměru zatížení k počtu otáček, dávkování probíhá se směšovacím poměrem s $\lambda = 1$ a následně s plynulým přechodem k bohatšímu směšovacímu poměru 1 : 13 ($\lambda = 0,9$).

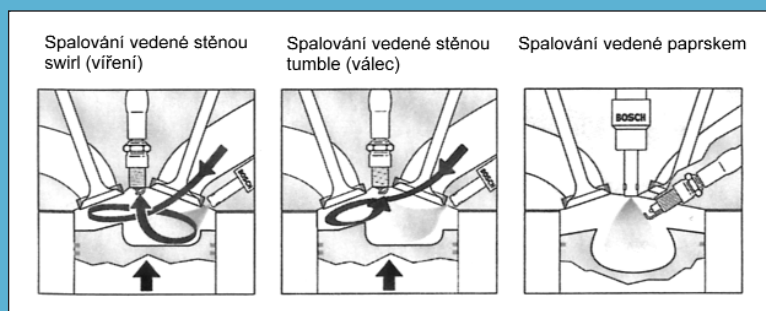
Spalovací proces u motorů s přímým vstřikováním

Jako spalovací proces se označuje typ a způsob, jak se palivo rozděluje v nasávaném vzduchu, tzn. jak dochází k tvorbě směsi a jak následně probíhá přeměna energie ve spalovacím prostoru. V zásadě jsou možné dva různé procesy spa-

lování, tedy „spalování vedené paprskem“ a „spalování vedené stěnami“ (obr. 4).

Spalování vedené paprskem

Při spalovacím procesu vedeném paprskem je vysokotlaký vstřikovací ventil umístěn nahoře v hlavě válců a do spalovacího prostoru vstřikuje kolmo. Označuje se jako spalování vedené paprskem, protože se palivo vstřikuje do bezprostředního okolí zapalovací svíčky a tam se odpařuje. Protože se zde k tomu, aby se směs zapálila ve správném okamžiku, vyžaduje přesná poloha zapalovací svíčky a vstřikovacího ventilu a přesné zaměření paprsku, rozhodla se většina výrobců automobilů pro spalování vedené stěnou.



Obr. 4 Spalovací procesy u motorů s přímým vstřikováním benzínu (Bosch)

Spalování vedené stěnou

U spalování vedené stěnou se rozlišují dvě různá proudění vzduchu – proudění se zvíráním a proudění válcovité. Ta se vytvářejí specifickým tvarováním sacích kanálů a dna pístu. V obou případech je vstřikovací ventil v hlavě válců umístěn bočně. Palivo se vstřikuje do proudu vzduchu. Palivo, které se přitom odpařuje, se směšuje s nasávaným vzduchem a k zapalovací svíčce se pomocí tohoto proudění dostává jako uzavřený obláček směsi.

Proudění se zvíráním

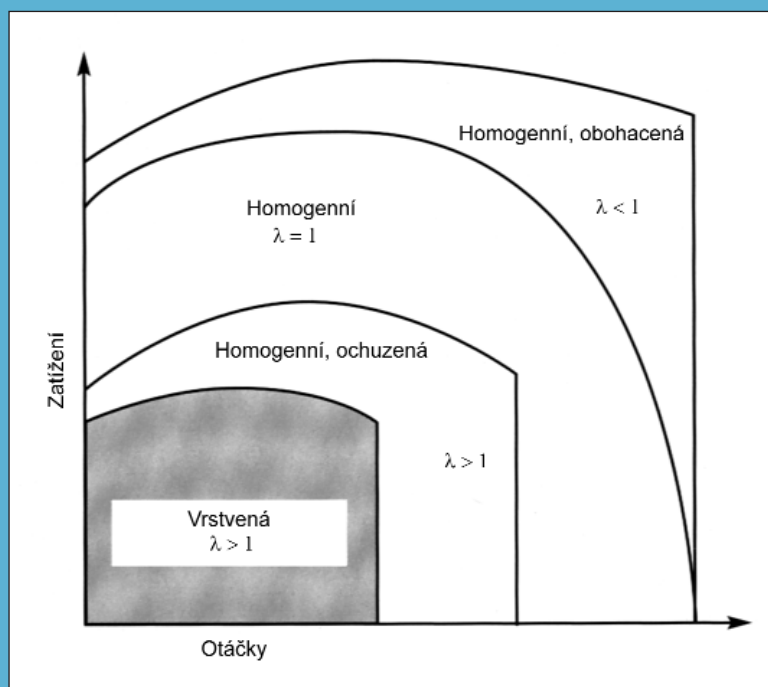
Pomocí spirálového nebo tangenciálního kanálu se během sání uvádí nasávaný vzduch proudící otevřeným sacím ventilem do vířivého (rotačního) pohybu podél stěny válce. Tento proces se také nazývá jako swirl-proces (angl. *swirl* = víření).

Válcové proudění

U tohoto postupu nastává při sacím zdvihu válcové proudění vzduchu (z angl. *tumble* = převalující se), které zboku prochází příslušně tvarovanou prohlubní ve dnu pístu a se vstřiknutým plynným palivem se znovu pohybuje nahoru směrem k zapalovací svíčce.

Bosch-MED-Motronic

Vstřikovací systém MED-Motronic (obr. 5) je dalším stupněm vývoje systému ME-Motronic. Jako další funkce obsahuje elektronické řízení přímého vstřikování benzínu a obměněný palivový, sací a výfukový systém. Palivo se už nevstřikuje do sacího potrubí, nýbrž pod vysokým tlakem (mezi 50 a 120 bar) přímo do vál-



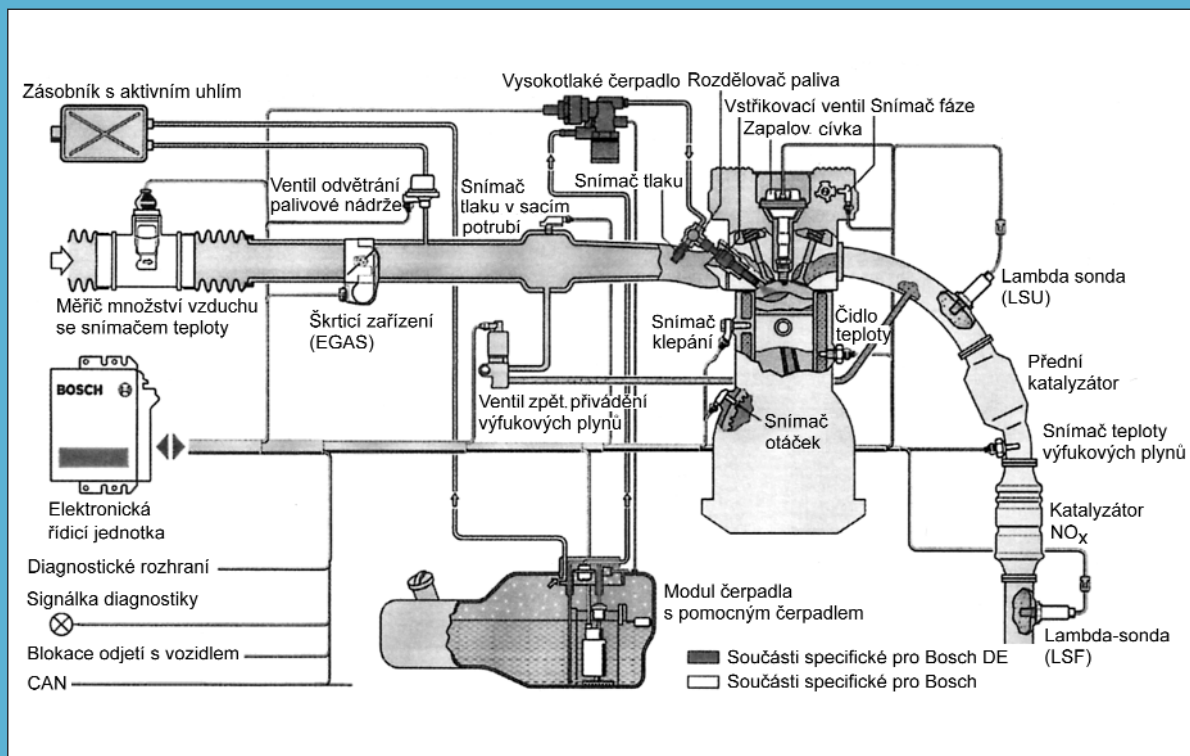
Obr. 3 Směšovací poměry při koncepci ochuzené směsi

ců motoru. Sací systém často obsahuje ovladatelnou klapku v sacím potrubí a přestavování vačkové hřídele a výfukový systém kromě trojcestného katalyzátoru obsahuje ještě adsorpční katalyzátor NO_x . Označení „M“ zde zastupuje klasické úlohy Motronicu, jmenovitě navzájem sladěné řízení vstřikování a zapalování, „E“ označuje elektronický plynový pedál

Palivové zařízení (nízkotlaká část)

Nízkotlaká část palivového zařízení je tvořena modulem čerpadla. Tento modul tvoří elektrické palivové čerpadlo (válečkové) a regulátor tlaku paliva. Od začátku spouštění čerpá palivové čerpadlo palivo přes filtr k vysokotlakému čerpadlu s radiálními písty. Přebytečné palivo odtéká z regulátoru tlaku paliva přímo zpátky do nádr-

Jinak se však chová při spouštění zahřátého motoru: Když je např. teplota chladicí kapaliny vyšší než 115°C a teplota nasávaného vzduchu vyšší než 50°C , pak řídicí jednotka systému MED-Motronic aktivuje ventil dávkování paliva a asi na 50 sekund ho zavře. Tím se zablokuje cesta k regulátoru tlaku paliva a tím i zpětné odvádění paliva do nádrže. Tlak



Obr. 5 Přehled systému MED-Motronic (Bosch)

„EGAS“ a „D“ přímé vstřikování benzinu.

Protože je MED-Motronic rozšířeným provedením ME-Motronicu, budou v tomto odstavci uvedeny jen jeho zvláštnosti a přidané nastavovací členy a snímače. Základní systémy Motronic a ME-Motronic jsou popsány v předchozích Praktických dílnách.

Palivový systém

Palivový systém benzinových motorů s přímým vstřikováním je srovnatelný se vstřikovacím systémem naftových motorů se společným rozdělovacím potrubím (Common Rail). Také se dělí na nízko- a vysokotlakou palivovou část.

že. Bezpečnostní obvod zastavuje čerpání při zapnutém zapalování a stojícím motoru a při nouzovém zastavení.

Regulátor tlaku paliva

Jako membránový regulátor tlaku reguluje vstupní tlak v nízkotlaké části palivového zařízení, např. – v závislosti na konstrukci systému – mezi 3 a 5 bar.

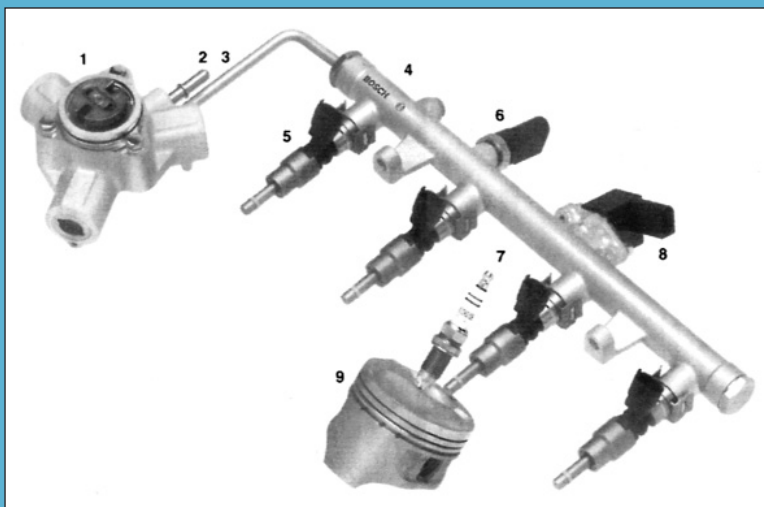
Ventil dávkování paliva

Někteří výrobci automobilů používají pro zabránění problémům při spouštění zahřátého motoru ventil pro dávkování paliva. Ten se zařazuje mezi palivový filtr a regulátor tlaku paliva. Při normálním provozu je tento ventil otevřen, tzn. že palivo může bez zábrany proudit z palivového filtru do regulátoru tlaku paliva.

v čerpacím vedení nízkotlaké části a současně i tlak v sacím vedení vysokotlakého čerpadla s radiálními písty se zvýší na maximální čerpací tlak elektrického palivového čerpadla. Ten se v elektrickém čerpadle nastavuje ventilem pro omezení tlaku a činí asi 6,0 až 6,8 bar. Pomocí takto zvýšeného vstupního tlaku se zabraňuje tvorbě bublinek páry v sacím potrubí vysokotlakého čerpadla s radiálními písty a zaručuje spuštění motoru bez závad.

Palivové zařízení (vysokotlaká část)

Vysokotlaká část (obr. 6) tohoto systému se skládá z vysokotlakého čerpadla s radiálními písty, rozdělovacího palivového potrubí jako zásobníku paliva (Rail) se vsazeným snímačem (čidlem) tlaku, na-



Obr. 6 Součásti přímého vstřikování benzínu (vysokotlaká část) (Bosch)

- 1 – vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty
- 2 – přípojka nízkého tlaku
- 3 – vysokotlaké vedení
- 4 – Common Rail (rozdělovací palivové potrubí)
- 5 – vysokotlaké vstřikovací ventily
- 6 – snímač vysokého tlaku
- 7 – zapalovací svíčka
- 8 – ventil řízení tlaku
- 9 – válec

šroubovaným ventilem pro řízení tlaku a připojených elektromagnetických vysokotlakých vstřikovacích ventilů.

Vysokotlaké palivové čerpadlo

Vysokotlaké palivové čerpadlo s radiálními písty (obr. 7) systému přímého vstřikování

vání pro benzinové motory (obr. 7) je konstrukcí i funkcí identické se vstřikovacím systémem Common Rail u naftových motorů. Speciální je zde provedení pro čerpání benzínu. Všechny klouzající díly jsou opatřeny speciální povrchovou úpravou, aby se dosáhlo bezvadného mazání benzinem. Úlohou vysokotlakého čerpadla je dodávat při všech pracovních režimech do rozdělovacího potrubí (Rail) dostatek paliva při požadovaném tlaku mezi 50 a 120 bar. Protože u tohoto systému vysokotlaké čerpadlo neustále čerpá palivo do rozdělovacího potrubí (zásobník paliva), vytváří tlak v systému, který působí na elektromagnetické vysokotlaké vstřikovací ventily a je téměř shodný se vstřikovacím tlakem.

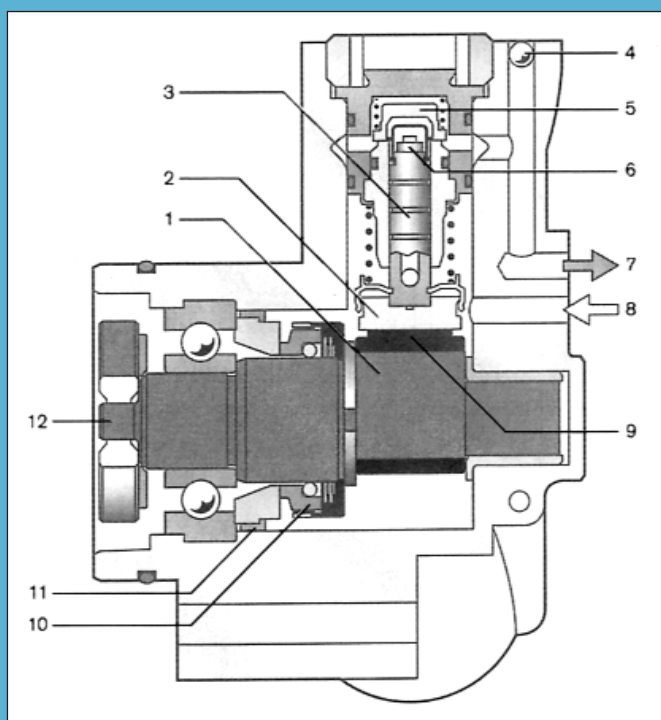
Na začátku spouštění, kdy v Railu není žádný tlak, se během prvních otáček klikové hřídele nejprve do válců vstřikuje palivo pod vstupním tlakem (např. 3 až 5 bar). Vysoký tlak se v rozdělovacím palivovém potrubí (Railu) nastaví teprve po náběhu motoru na vyšší otáčky.

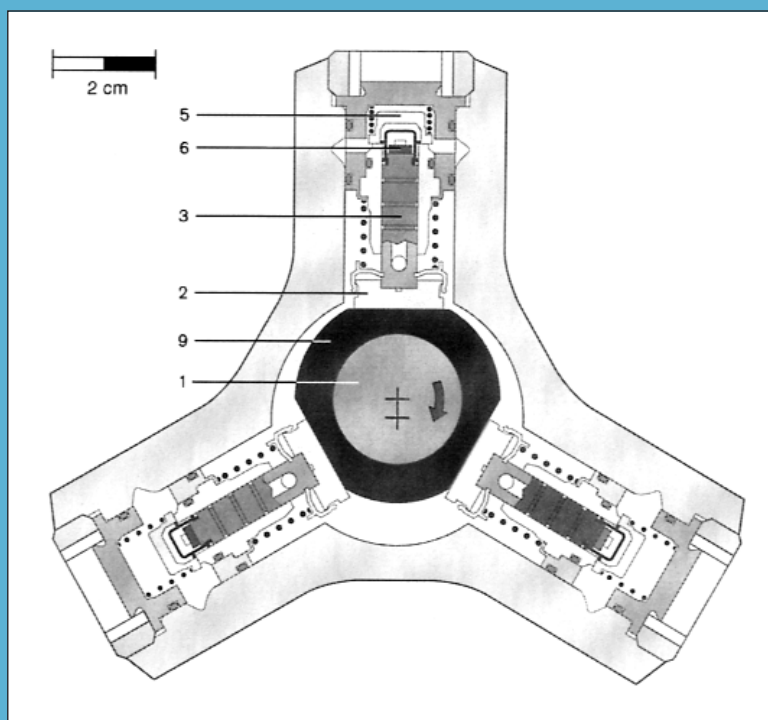
Konstrukce

Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (obr. 8) je poháněno vačkovou hřídelí mo-

Obr. 7 Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (podélný řez) (Bosch)

- 1 – výstředník
- 2 – opěrka
- 3 – čerpací prvek s čerpacím pístem (píst je dutý, přívod paliva)
- 4 – uzavírací kulička
- 5 – vypouštěcí ventil
- 6 – napouštěcí ventil
- 7 – vysokotlaká přípojka k Railu
- 8 – přívod paliva (nízký tlak)
- 9 – zdvihací kroužek
- 10 – axiálně účinkující těsnění (těsnění s kluzným kroužkem)
- 11 – statické těsnění
- 12 – hnací hřídel





Obr. 8 Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (příčný řez)
(Bosch)
(čísla položek jsou shodná s obr. 7)

- 1 – výstředník
- 2 – opěrka
- 3 – čerpací prvek
- 5 – vypouštěcí ventil
- 6 – napouštěcí ventil
- 9 – zdvihací kroužek

toru, stejně jako u naftových motorů se systémem Common Rail. Má tři čerpací prvky vždy s jedním sacím a jedním vypouštěcím ventilem. Tyto prvky jsou umístěny radiálně pod úhly 120°. Čerpací písty těchto prvků jsou uváděny do činnosti pomocí výstředníku.

Popis funkce

Elektrické palivové čerpadlo nejprve napouštěcím ventilem (6) čerpá palivo pro mazání a chlazení vnitřního prostoru čerpadla, a potom se vstupním tlakem 3 až 5 bar čerpá palivo dutými písty čerpadla do prostoru každého prvku, ve kterém se čerpací píst (ovládaný pružinou čerpadla) pohybuje z horní úvrati dolů. Po překročení dolní úvrati se napouštěcí ventil zavře a čerpací píst (uváděný do pohybu výstředníkem) vytlačuje palivo a přitom zvyšuje tlak. Teprve když se tento tlak paliva v prostoru čerpacího prvku vyrovná s tlakem v zásobníku paliva

(Rail), otevře se vypouštěcí ventil (5) a palivo jím proudí vysokotlakou přípojkou (7) a vysokotlakým vedením do zásobníku paliva (Rail). Čerpání daného prvku trvá tak dlouho, až čerpací píst dojde do horní úvrati. Protože se pak už nevytváří žádný tlak, vypouštěcí ventil se zavře. Čerpací píst se pomocí pružiny stlačuje do dolní úvrati a celý proces se opakuje. Protože je čerpané množství vysokotlakého čerpadla ve stejném poměru k počtu otáček, při jejich zvyšování se zvyšuje také. Přitom se na jedné straně čerpá jenom tolik, aby přebytečné množství nebylo příliš velké a aby se na druhé straně plně pokryla spotřeba paliva při plném zatížení motoru.

Ventil řízení tlaku

Ventil řízení tlaku (obr. 9) má za úkol regulovat, resp. udržovat tlak paliva v rozdělovacím palivovém potrubí (Railu) v závislosti na příslušném stavu zatíže-

ní a otáčkách motoru mezi zhruba 50 a maximálně 120 bar. Je-li tento tlak příliš vysoký, řídicí ventil se otevře a část paliva vypustí z vysokotlakého zásobníku do zpětného přívodu paliva. Pokud je tento tlak naopak příliš nízký, pak řídicí ventil zpětný přívod do palivové nádrže ještě více přivře nebo úplně zavře. Ovládání ventilu provádí řídicí jednotka MED-Motronic pomocí obdélníkového signálu modulovaného šířkou impulsu (klíčovací poměr). Tento klíčovací poměr se mění tak dlouho, až požadovaná hodnota tlaku paliva získávaná z pole charakteristik odpovídá skutečné hodnotě vysílané snímačem tlaku paliva. Pokud jím neprochází proud, je řídicí ventil zavřen, aby se palivo v rozdělovacím potrubí při zastaveném motoru udržovalo na hodnotě vstupního tlaku (kvůli zabránění vzniku bublin z výparů) a aby se v Railu zaručil požadovaný tlak i při výpadku elektrického ovládání ventilu.

Rozdělovací palivové potrubí (Rail)

Rozdělovací palivové potrubí (viz obr. 6) má jako vysokotlaký zásobník za úkol ukládat palivo s různě vysokým tlakem a pomocí objemu zásobníku tlumit kolísání tlaku, způsobované pulzy vyvolávanými čerpáním vysokotlakého čerpadla a vstřikováním. Tlak v rozdělovacím palivovém potrubí (Rail) zůstává pro všechny zavřené vstřikovací ventily téměř konstantní, i když se do něj palivo dostává ve větších množstvích (např. množství pro plné zatížení). Ventil pro omezování tlaku, jaký existuje v systému Common Rail u naftových motorů, zde není zapotřebí jako samostatný, nýbrž je integrován do ventilu řízení tlaku.

Snímač tlaku paliva

Snímač tlaku paliva (obrázek najdete v jednom z příštích pokračování) je stejný jako u vstřikovacího systému Common Rail pro naftové motory. Jeho úlohou je přesně a ve velmi krátké době měřit tlak paliva v rozdělovacím potrubí (Rail) a tuto informaci v podobě napětového signálu s výškou mezi 0,5 a 4,5 V předávat řídicí jednotce MED-Motronic.

Při výpadku tohoto signálu aktivuje řídicí jednotka MED-Motronic ventil řízení tlaku pomocí předem zadané pevné hodnoty klíčovacího poměru. Přitom



se vyvolává konstantní tlak paliva na výrobce pevně stanovené hodnotě, tak aby motor zůstal schopný jízdy.

Elektromagnetické vstřikovací ventily

Vysokotlaké vstřikovací ventily (obr. 10) se montují do hlavy válců a vstřikují přímo do spalovacího prostoru motoru (viz též obr. 6). Požadavky na vstřikovací ventily pro přímé vstřikování jsou podstatně vyšší než u ventilů pro vstřikování do sacího potrubí. Protože je pro vstřiknutí potřebného množství paliva k dispozici méně času, musejí vstřikovat rychleji, přesněji a s lepším tvarováním paprsku. U novějších motorů s přímým vstřikováním s vrstveným plněním jsou to většinou vstřikovací ventily s jedním otvorem, které vstřikují paprsek paliva zalomený o 20° dolů a s úhlem paprsku až 70°.

Popis funkce

Je-li řídicí jednotkou systému MED-Motronic aktivována cívka vstřikovacího ventilu, vytvoří se magnetické pole. Jeho účinkem se jehla ventilu nadzdvihne proti působení pružiny a uvolní vstřikovací otvor. Tak se do spalovacího prostoru vstříkne palivo pod okamžitým tlakem v palivovém potrubí, ve kterém se tlak příslušně sníží. Pokud proud neprochází, zatlačí pružina jehlu ventilu zpět do jeho sedla a vstřikování paliva se ukončí.

Množství paliva dodávaného vstřikovacím ventilem je závislé na:

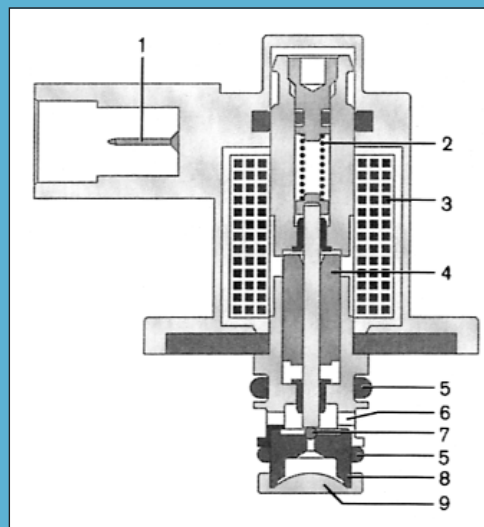
- průřezu otevření otvoru, který je k dispozici při rychlém otevření,
- tlaku v potrubí Rail, který je určen pomocí pole charakteristik v závislosti na zatížení a otáčkách motoru,
- na tlaku, který proti vstřikování působí ve spalovacím prostoru,
- na době otevření (doba vstřiku), která se mění od 0,4 ms při chodu na prázdko až po 5 ms při plném zatížení a vysokých otáčkách.

Aktivace vysokotlakých vstřikovacích ventilů

Cívky vysokotlakých vstřikovacích ventilů jsou kladným i záporným pólem připojeny k řídicí jednotce motoru. Z kladného pólu napájí řídicí jednotka všechny ventily palubním napětím 12 V, ze strany minus jsou vstřikovací ventily ovláda-

Obr. 9 Ventil řízení tlaku (Bosch)

- 1 – elektrická přípojka
- 2 – tlačná pružina
- 3 – cívka
- 4 – kotva magnetu
- 5 – těsnicí kroužky (O-kroužky)
- 6 – odváděcí otvor
- 7 – kulička ventilu
- 8 – sedlo ventilu
- 9 – přívod se sítkem



ny sekvenčně (podle pořadí zapalování) pomocí proudové regulace.

Aby se dosáhlo rychlejšího otevření vstřikovacího ventilu, probíhá aktivace krátkodobě s pomocným výbojem kondenzátoru. Aktivační napětí je přitom 50 až 90 V a výška proudu až 20 A. Ještě během fáze otevření, než se ventil otevře úplně, se přepne na palubní napětí. Jakmile přitahovací proud dosáhne hod-

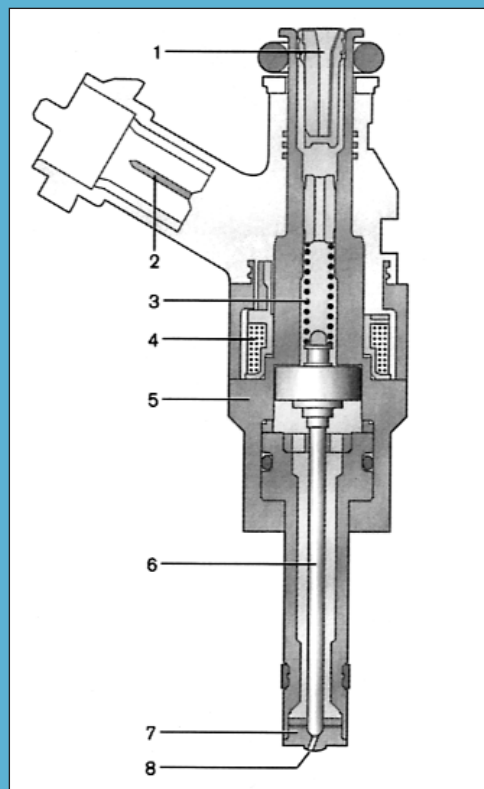
noty asi 8 až 10 A, přepne se na udržovací proud asi 3,5 až 5 A, aby se ventil udržel otevřený.

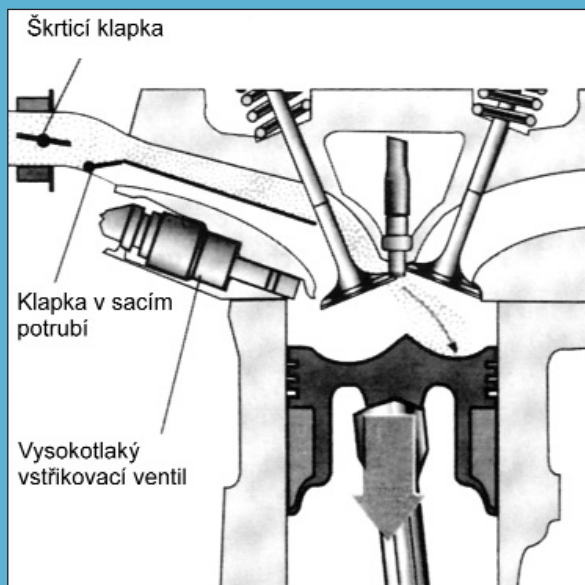
Pracovní režimy z hlediska tvorby směsi

U benzinových motorů s přímým vstřikováním paliva se často využívá obou typů tvorby směsi – vrstveného plnění

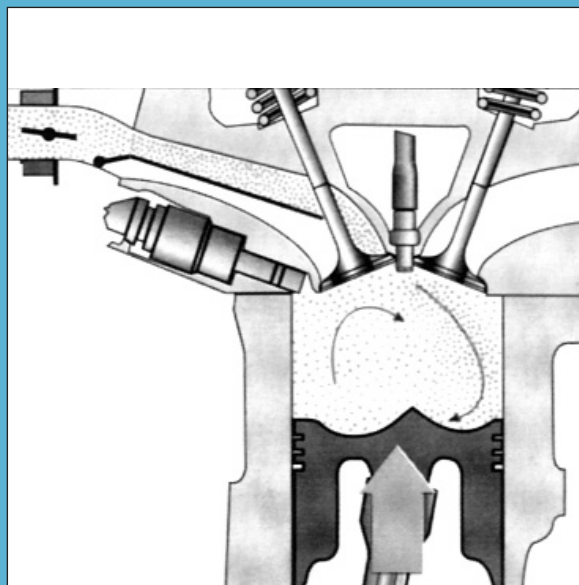
Obr. 10 Vysokotlaký vstřikovací ventil (Bosch)

- 1 – přívod s jemným sítkem
- 2 – elektrická přípojka
- 3 – pružina
- 4 – cívka
- 5 – pouzdro
- 6 – jehla ventilu s magnetickou kotvou
- 7 – sedlo ventilu
- 8 – vstřikovací otvor

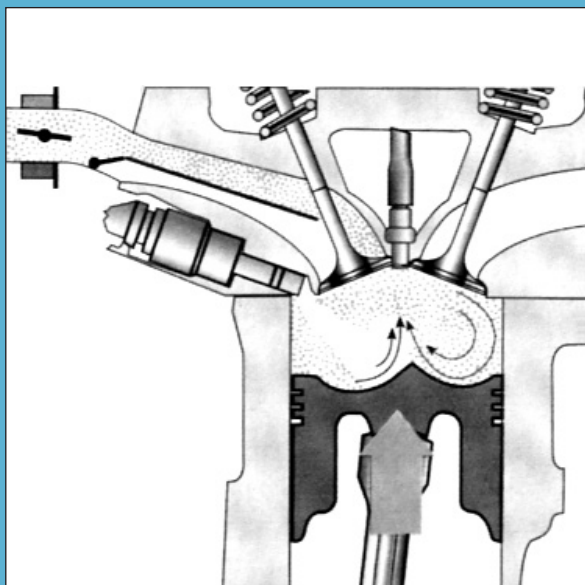




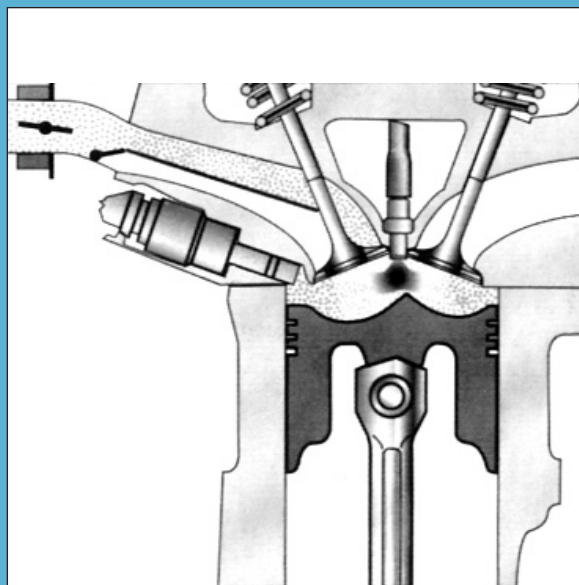
Obr. 11 Režim vrstveného plnění, takt sání
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)



Obr. 12 Režim vrstveného plnění, takt komprese
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)



Obr. 13 Režim vrstveného plnění, vstřikování paliva
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)



Obr. 14 Režim vrstveného plnění, tvorba směsi v blízkosti zapalovací svíčky
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej a služby zákazníkům)

a homogenní tvorby směsi, např. u motoru modelu VW Lupo FSI nebo motoru v Audi A4 FSI (zkratka FSI znamená Fuel Stratified Injection – vrstvené vstřikování paliva).

Pracovní režim s vrstveným plněním

Režim vrstveného plnění existuje nad oblastí chodu naprázdno (při chodu naprázdno dochází k homogenní tvorbě směsi s $\lambda = 1$) až do středního rozsahu

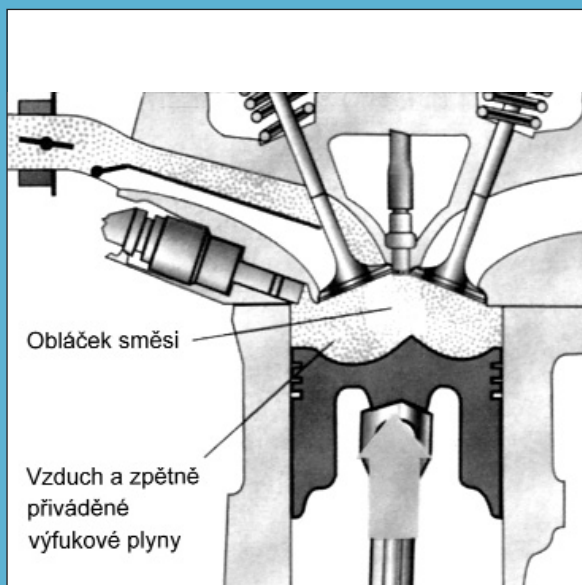
zatížení a otáček a řídí jej řídicí jednotka MED-Motronic. Aby bylo možné přepnout na režim vrstveného plnění, musí být splněny určité podmínky:

- teplota chladicí kapaliny musí být vyšší než 50 °C;
- motor musí pracovat v příslušné oblasti zatížení a otáček (viz obr. 2);
- ve vstřikovacím systému nesmí existovat žádná závada relevantní k výfukovým plynům;

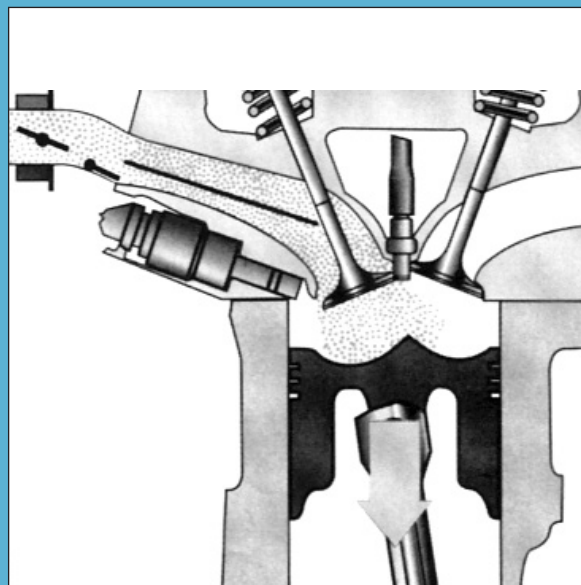
- je důležité, aby teplota zásobníkového katalyzátoru pro NO_x byla mezi 250 a 500 °C;

- klapka v sacím potrubí (je-li zamontována) musí být zavřená a musí blokovat spodní část sacího kanálu.

Jsou-li tyto podmínky splněny, zapne se režim vrstveného plnění. Přitom servomotor škrticí klapky EGAS tuto klapku otevře téměř naplno, aby se odpor v sacím systému, tzn. ztráty vyvolané škr-



Obr. 15 Režim vrstveného plnění, zapálení a spalování (VW Vertrieb/Kundendienst – prodej a služby zákazníkům VW)



Obr. 16 Homogenní režim, takt sání (VW Vertrieb/Kundendienst – prodej a služby zákazníkům VW)

cením, udržoval co nejnižší. Uzavřením škrtkové klapky v sacím potrubí (obr. 11) se odblokuje spodní část sacího potrubí. V taktu sání se tak nasává objem vzduchu v důsledku malého průřezového průřezu sání silně urychlí a ve tvaru válce proudí do spalovacího prostoru. Tento válcovitý pohyb sloupce proudícího vzduchu se během taktu komprese ještě zesílí speciálním tvarováním dna pístu (obr. 12).

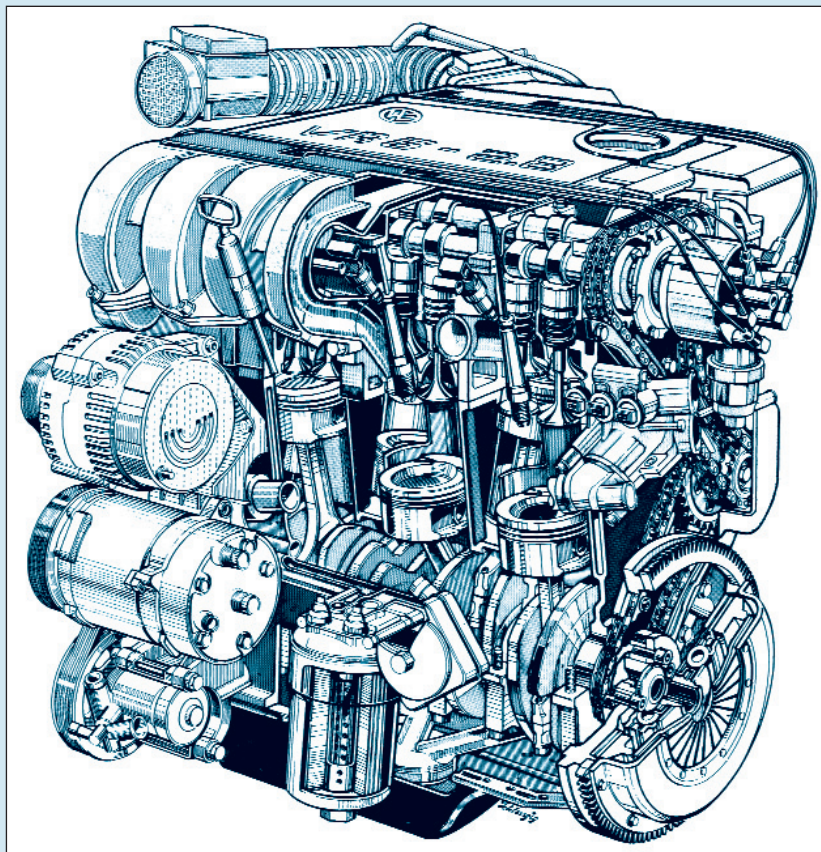
Vstřikování paliva v režimu vrstveného plnění probíhá těsně na konci taktu komprese. Palivo se vstříkuje vysokotlakým vstřikovacím ventilem jako o 20° dolů zalomený paprsek na prohlubeň pístu. Účinkem tvarování této prohlubně (obr. 13) a válcovitého proudění vzduchu se vstříknuté množství paliva dostává k zapalovací svíčce. Během této dráhy se palivo vypařuje a směřuje se stlačovaným nasávaným vzduchem.

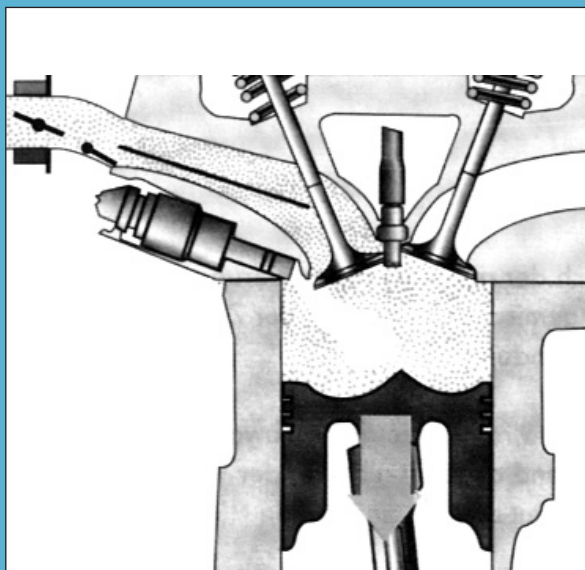
V blízkosti zapalovací svíčky se v důsledku tohoto pohybu paliva a vzduchu vytvoří obláček směsi (obr. 14) s poměrem palivo – vzduch umožňujícím jeho zapálení. Tento obláček směsi schopný zapálení se zdržuje pouze v blízkosti svíčky. Okolo něj se spalovací prostor plní jen nasávaným vzduchem a zpětně přiváděnými výfukovými (inertními) plyny. K zapálení tohoto obláčku směsi dochází krátce před horní úvratí. Výkon dosaho-

vaný motorem je, podobně jako u naftového motoru, určen jenom spálením množství paliva obsaženého v tomto obláčku (obr. 15). Ostatní část obsahu spalovacího prostoru se na spalování nepodílí a vytváří izolující obal.

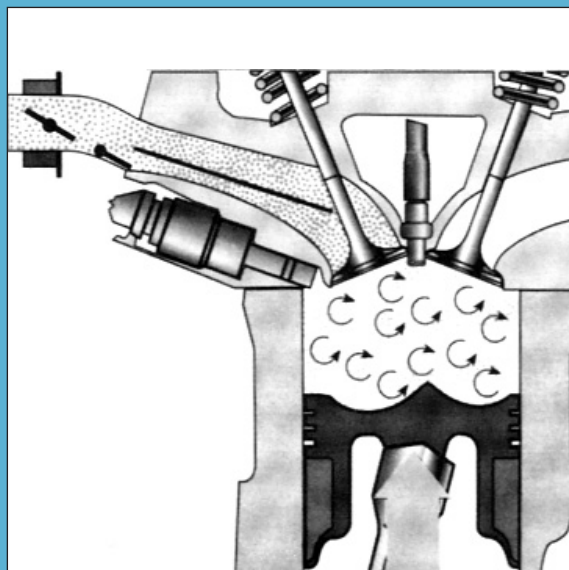
Režim homogenní tvorby směs

Režim homogenní tvorby směsi u benzinových motorů s přímým vstřikováním je možné porovnávat s pracovním režimem motoru se vstřikováním do sacího potrubí. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že





Obr. 17 Homogenní režim, vstřik paliva
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)



Obr. 18 Homogenní režim, takt komprese
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)

se palivo u motoru s přímým vstřikováním benzinu nevstřikuje do sacího potrubí, nýbrž přímo do válců.

Režim homogenní tvorby směsi nad oblastí středního neúplného zatížení

Když se zatížení a otáčky dále zvyšují a motor nasává větší množství vzduchu, musí být k dispozici i větší průřez sání. Ten se zvětší automaticky, když řídicí jednotka MED-Motronic uvede do činnosti klapku v sacím potrubí a otevře dolní část sacího kanálu (obr. 16). Během taktu sání se přímo do válce vstříkne množství paliva přesně vyměřené řídicí jednotkou MED-Motronic podle množství nasávaného vzduchu (obr. 17). Větší množství paliva, které je vstříknuto přímo do válce a zde se vypařuje, přitom odebírá nasávanému vzduchu část tepla (vnitřní chlazení). V důsledku tohoto snížení tepla se může zvýšit kompresní poměr, aniž by mohlo dojít ke spalování s klepáním vyvolávanému samozapalováním směsi.

Palivo vstříknuté v taktu sání má velmi mnoho času, aby se odpařilo a smísilo s nasávaným vzduchem (obr. 18). Během taktu komprese se tak vytvoří homogenní směs (palivo je v nasávaném vzduchu rovnoměrně rozptýlené) s hodnotou $\lambda = 1$. Když pak na konci taktu komprese (obr. 19) dojde k jejímu zapá-

lení, dochází ke spalování v celém spalovacím prostoru, jako je tomu u benzinových motorů se vstřikováním do sacího potrubí.

Sací systém benzinového motoru s přímým vstřikováním

V sacím systému se nachází několik snímačů pro získávání informací, které u vstřikování do sacího potrubí vždycky nejsou a které plní určité úlohy. Jsou to například:

Snímač tlaku v sacím potrubí

Měří tlak v sacím potrubí a příslušnou informaci vysílá řídicí jednotce MED-Motronic. Řídicí jednotka pomocí této informace vypočítává množství zpětně přiváděných výfukových plynů. Prostřednictvím informace z měřiče množství vzduchu řídicí jednotka zjišťuje, kolik se nasálo čerstvého vzduchu a jaký tlak v sacím potrubí mu musí odpovídat. Když se nyní přivádějí výfukové plyny, skutečný tlak v sacím potrubí vzroste. Z rozdílu mezi těmito dvěma tlaky v sacím potrubí (jenom s čerstvým vzduchem a s čerstvým vzduchem + výfukovými plyny) řídicí jednotka vypočítává potřebné množství zpětně přiváděných výfukových plynů.

Snímač tlaku pro posilování účinku brzd

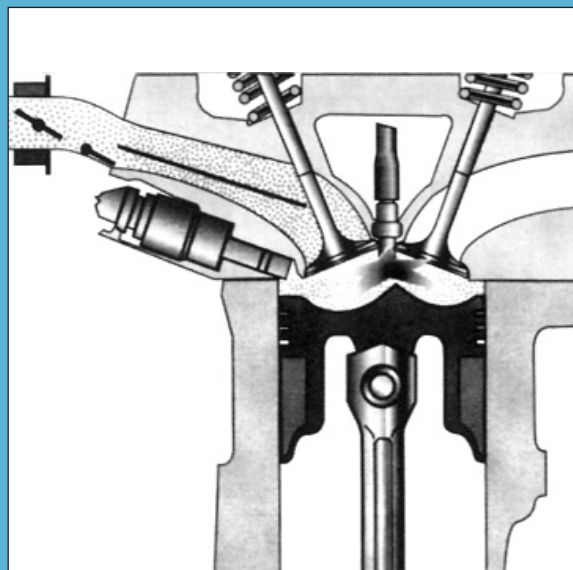
Tento snímač tlaku se umísťuje mezi sací potrubí motoru a posilovač brzd. Měří podtlak ve vedení a tím i v posilovači brzd. Tato informace se ve formě napětového signálu dostává do řídicí jednotky MED-Motronic. Ta z něj pozná, jestli je v zásobníku podtlaku k dispozici podtlak dostatečný pro posilovač brzd. Tato kontrola podtlaku v posilovači brzd je požadována proto, že při režimu s vrstveným plněním je účinkem EGAS škrticí klapka velmi široce otevřena (neškrtený režim sání), a proto je i velmi nízký podtlak, který se vytvoří v sacím potrubí. Když se pak zabrzdí několikrát za sebou, zásoba podtlaku v zásobníku už pro posilování brzd nepostačuje. Aby se vždy udržel potřebný účinek brzd, zavře pedál EGAS škrticí klapku natolik, že se podtlak dostane na požadovanou hodnotu. Ve výjimečných případech se přepíná na režim s homogenní tvorbou směsi.

Výfukový systém u benzinových motorů s přímým vstřikováním

Výfukový systém benzinového motoru s přímým vstřikováním se musí tomuto systému vstřikování přizpůsobit. Jako před-



Obr. 19 Homogenní režim, zapálení a spalování
(VW Vertrieb/Kundendienst – prodej
a služby zákazníkům VW)



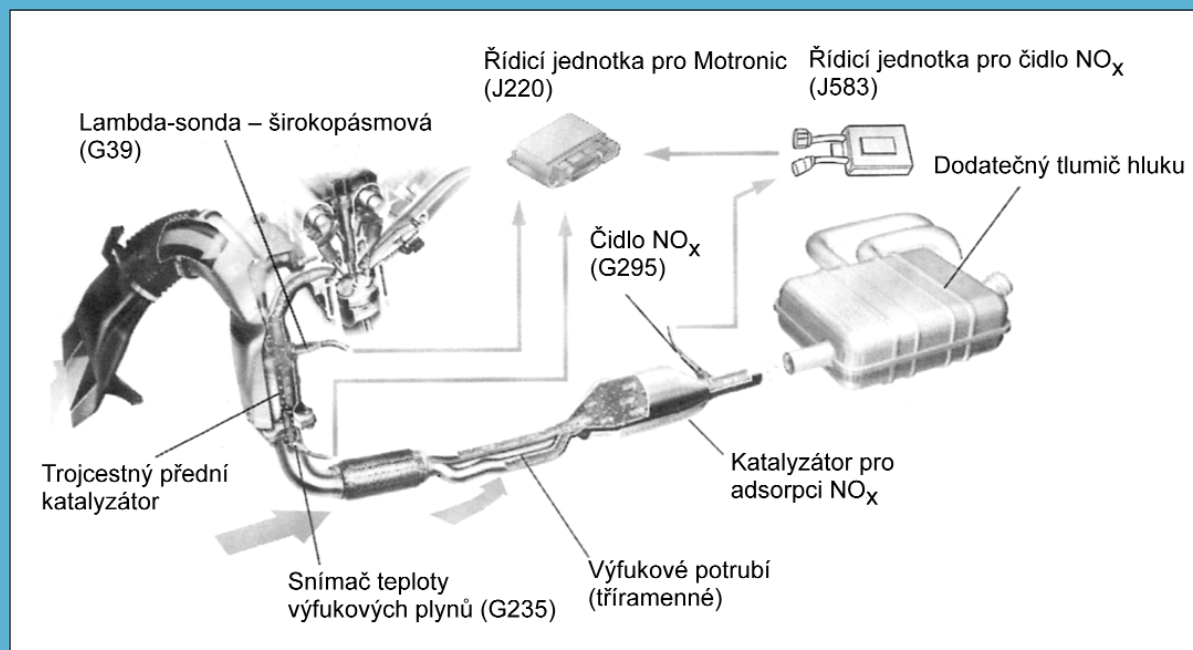
ní katalyzátor se montuje trojcestný katalyzátor a to do blízkosti motoru. Toto uspořádání je nutné k tomu, aby katalyzátor co nejrychleji dosáhl teploty potřebné pro zahájení své funkce (asi 300 až 350 °C).

Ošetření výfukových plynů jenom pomocí trojcestného katalyzátoru – jako je tomu u vstřikování do sacího kanálu – však nepostačuje k tomu, aby se při režimu s vrstveným plněním ochuzenou směsí a vysokým obsahem kyslíku moh-

lo dosahovat zákonem předepisovaných mezních hodnot NO_x . Trojcestný katalyzátor je při režimu s vrstveným plněním schopen v závislosti na velikosti podílu kyslíku ve výfukových plynech přeměnit na dusík jen nepatrnou část jeho oxidů. Proto je zapotřebí adsorpční katalyzátor NO_x (NO_x adsorbér), který tyto oxidy dusíku během režimu s vrstveným plněním zachycuje. Svou konstrukcí odpovídá běžnému trojcestnému katalyzátoru, tzn. že v provozu s $\lambda = 1$ funguje jako troj-

cestný katalyzátor. Jeho povrch je však kromě vzácných kovů platiny, palladia a rhodia opatřen ještě vrstvou např. oxidu barnatého, který při teplotách mezi 250 až 500 °C váže oxidy dusíku reakcí na dusičnan barnatý.

Benzinový motor s katalyzátorem pro NO_x ve výfukovém potrubí může pracovat však jen při použití benzínu neobsahujícího síru. Jinak se v něm v důsledku své chemické podobnosti s oxidy dusíku ukládá jako síran barnatý. Ten pak obsazuje



Obr. 20 Výfukový systém VW Lupo FSI (VW Vertrieb/Kundendienst – prodej a služby zákazníkům VW)



místa pro uložení dusíku, takže se katalyzátor musí častěji regenerovat.

Výfukový systém na obr. 20 patří modelu VW Lupo FSI. Tvoří ho následující díly:

- výfukové potrubí s předním katalyzátorem (trojcestný katalyzátor),
- přívádění vzduchu k výfukovému potrubí (kvůli ochlazení výfukových plynů),
- tříramenné výfukové potrubí (pro ochlazení výfukových plynů),
- katalyzátor pro adsorpci NO_x ,
- širokopásmová lambda-sonda (G39),
- snímač teploty výfukových plynů (G235),
- čidlo NO_x (G295),
- řídicí jednotka (J583) pro čidlo NO_x ,
- dodatečný tlumič hluku.

Ochlazování výfukových plynů

Snížení teploty výfukových plynů – nejprve v oblasti kolena výfukového potrubí a pak i v tříramenné části výfukového potrubí – je zapotřebí k tomu, aby bylo možno co nejdéle využívat režimu s vrstveným plněním. Adsorbující katalyzátor pro NO_x totiž může oxidy dusíku zachycovat, jenom když je jeho teplota nejméně 250 a nejvíce 500 °C.

Čidlo teploty výfukových plynů

Toto čidlo se umísťuje bezprostředně za přední katalyzátor (trojcestný). Měří teplotu výfukových plynů a tento údaj předává řídicí jednotce MED-Motronic. Ta z něj vypočítá teplotu v katalyzátoru pro NO_x . Tento údaj o teplotě je požadován, protože:

- adsorbující katalyzátor pro NO_x může oxidy dusíku ukládat jen v rozmezí teplot 250 až 500 °C, a proto se na provoz s vrstveným plněním může přepnout jen v tomto teplotním intervalu,
- při provozu s benzinem obsahujícím síru se síra ukládá ve formě síranu barnatého. Aby se při regeneraci katalyzátoru tento síran zase dostal ven, musí být teplota adsorbujícího katalyzátoru větší než 650 °C.

Širokopásmová lambda-sonda

Širokopásmová lambda-sonda se nasažuje před přední katalyzátor. Jejím po-

střednictvím se v širokém rozsahu měří obsah kyslíku ve výfukových plynech. Při odchylkách od požadované hodnoty řídicí jednotka MED-Motronic koriguje vstřikované množství paliva.



Čidlo NO_x

Toto čidlo se montuje za katalyzátor pro NO_x , pracuje na principu širokopásmové lambda-sondy. Jeho pomocí se měří podíl oxidů dusíku a kyslíku ve výfukových plynech. Tento údaj se z čidla NO_x vysílá do řídicí jednotky NO_x . Tyto údaje jsou potřebné, protože:

- podle podílu oxidů dusíku ve výfukových plynech se vždy určuje adsorpční kapacita katalyzátoru NO_x ,
- podle podílu kyslíku ve výfukových plynech se provádí kontrola funkce katalyzátoru, v případě potřeby se může provádět úprava vstřikovaného množství.

Řídicí jednotka pro čidlo NO_x

Čidlo NO_x má malou vlastní řídicí jednotku, která je umístěna na podlaze vozidla v blízkosti katalyzátoru NO_x . V této řídicí jednotce se zpracovávají informace čidla NO_x a předávají se do řídicí jednotky MED-Motronic. Pokud z této informace vyplývá, že adsorpční kapacita katalyzátoru NO_x je vyčerpána, tzn. že se podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech příliš zvýšil, přepne řídicí jednotka MED-Motronic na režim regenerace.

Regenerace

adsorpčního katalyzátoru NO_x

V režimu regenerace se oxidy dusíku, jako dusičnan barnatý, a síra, jako síran barnatý, uložené v katalyzátoru NO_x transformují na dusík a oxid siřičitý.

Regenerace oxidů dusíku

Když podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech za adsorpčním katalyzátorem NO_x překročí určenou mezní hodnotu, řídicí jednotka MED-Motronic podle informace z čidla NO_x zjistí, že katalyzátor už nemůže ukládat žádné další oxidy dusíku, tzn. že jeho adsorpční kapacita je již vyčerpána. Tento případ nastává asi po 60 až 90 sekundách. Spustí se tak regenerační režim a během asi 2 sekund se režim s vrstveným plněním a ochuzenou směsí přepne na homogenní režim s $\lambda < 1$ (bohatší směs). Tím se ve výfukových plynech zvýší podíl uhlovodíků a oxidu uhličitýho. Procesy regenerace NO_x a transformace na dusík a oxid uhličitý probíhají odděleně. Zjednodušeně lze průběh regenerace např. s oxidem uhličitým jako redukcujícím činidlem vysvětlit tím způsobem, že oxid uhličitý redukuje dusičnan barnatý na oxid barnatý. Přitom vznikají oxid uhličitý a oxid dusnatý. Vrstva rhodia v katalyzátoru následně tyto oxidy dusnaté přemění pomocí oxidu uhelnatého na dusík a oxid uhličitý.

Regenerace síry

Regenerace síry (síranu barnatého) se nekoná v intervalu teplot regenerace oxidů dusíku (dusičnan barnatý). Síra je odolnější proti zvyšování teploty, a proto zůstává uložená v katalyzátoru. Regenerace síry se musí provést, když se určené mezní hodnoty podílu oxidů dusíku ve výfukových plynech dosahuje ve stále kratších intervalech. Řídicí jednotka MED-Motronic z toho pozná, že adsorpční kapacita katalyzátoru pro oxidy dusíku se snížila v důsledku obsazení adsorpčních míst sírou. Řídicí jednotka MED-Motronic nyní na dvě minuty přepne z režimu s vrstveným plněním na homogenní režim s bohatší směsí ($\lambda < 1$) a zmenšením předstihu zpomalí spalování, takže se zvýší teplota výfukových plynů a v adsorpčním katalyzátoru NO_x se dosáhne teploty nad 650 °C. Teprve pak se síran barnatý redukuje zase na oxid barnatý, resp. adsorbovaná síra oxiduje na oxid siřičitý (SO_2).

ZPRACOVÁNO

PODLE ZAHRANIČNÍCH MATERIÁLŮ